

# 4

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Yoji OKAZAKI, et al.

Appln. No.: 09/985,855

Confirmation No.: 4386

Filed: November 06, 2001

For: MULTIPLEX LASER LIGHT SOURCE AND EXPOSURE APPARATUS



Group Art Unit: 2881

Examiner: Not Yet Assigned

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith are two (2) certified copies of the priority documents on which claims to priority were made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

*Darryl Mexic*

Darryl Mexic  
Registration No. 23,063

SUGHRUE MION, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japan 2000-336850  
Japan 2001-273849

DM/mch

Date: March 22, 2002

日 本 国  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application 2000年11月 6日

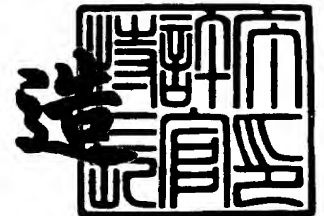
出 願 番 号  
Application Number: 特願2000-336850

出 願 人  
Applicant(s): 富士写真フイルム株式会社

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3073360

【書類名】 特許願

【整理番号】 P25663J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 岡崎 洋二

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 紫外レーザー光源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 紫外域のレーザービームを発する複数の G a N 系半導体レーザーと、

これらの G a N 系半導体レーザーから発せられたレーザービームを合波する合波光学系とからなる紫外レーザー光源。

【請求項 2】 前記複数の G a N 系半導体レーザーが互いに波長の異なるレーザービームを発するものであることを特徴とする請求項 1 記載の紫外レーザー光源。

【請求項 3】 前記複数の G a N 系半導体レーザーの各々に対して、その出射光を該半導体レーザーに戻して発振波長をロックする手段が設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の紫外レーザー光源。

【請求項 4】 前記発振波長をロックする手段が、光導波路の部分に反射回折型グレーティングを備えた導波路型波長選択素子からなることを特徴とする請求項 3 記載の紫外レーザー光源。

【請求項 5】 前記合波光学系が、前記複数の G a N 系半導体レーザーの各々に対応させて設けられ、対応する半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に透過させ、その他の半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に反射させてそれらのレーザービームを合波するバンドパスフィルターから構成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の紫外レーザー光源。

【請求項 6】 前記合波光学系によって合波されたレーザービームを一部反射させ、前記バンドパスフィルターを通して各半導体レーザーに戻してその発振波長をロックする手段が設けられていることを特徴とする請求項 5 記載の紫外レーザー光源。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は紫外レーザー光源に関し、特に詳細には、複数のGaN系半導体レーザーから発せられた紫外域のレーザービームを合波して高出力を得るようにした紫外レーザー光源に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、紫外域のレーザービームを発生させる紫外レーザー光源の一つとして、Arレーザーが知られている。このArレーザーは、7W程度の最大出力のものも市販されている。

【 0 0 0 3 】

また、半導体レーザー励起固体レーザーやファイバーレーザーで1064nmの赤外光を発振させ、それを第3高調波に変換して紫外域のレーザービームを得る波長変換レーザーも知られている。

【 0 0 0 4 】

さらには近時、例えば1998年発行のJpn.Appl.phys.Lett.,Vol.37.p.L1020に示されるように、紫外域のレーザービームを発するGaN系半導体レーザーも提供されている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし上記Arレーザーは電気-光効率が0.005%と非常に低く、寿命が1000時間程度と非常に短いという問題がある。

【 0 0 0 6 】

また、赤外光を紫外域の第3高調波に変換する波長変換レーザーは、波長変換効率が非常に低いことから、高出力を得るのは極めて困難になっている。現在のところは、30Wの半導体レーザーで固体レーザー媒質を励起して10Wの基本波（波長1064nm）を発振させ、それを3Wの第2高調波（波長532nm）に変換し、それら両者の和周波である1Wの第3高調波（波長355nm）を得る、というのがトップデータである。その場合の半導体レーザーの電気-光効率は50%程度であり、そして紫外光への変換効率は1.7%程度と非常に低いものとなっている。そしてこのような波長変換レーザーは、高価な光波長変換素子を用いるために

、コストがかなり高いものとなっている。

【 0 0 0 7 】

一方 G a N 系半導体レーザーの場合、10%以上の電気－光効率が得られることも予想されているが、最大出力は、今後の高出力化が実現されても100mW程度にとどまると考えられている。

【 0 0 0 8 】

本発明は上記の事情に鑑み、効率が良く、高出力が得られる低コストの紫外レーザー光源を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明による紫外レーザー光源は、前述の G a N 系半導体レーザーから発せられる紫外域のレーザービームを合波して高出力化を図ったものであり、具体的には、紫外域のレーザービームを発する複数の G a N 系半導体レーザーと、これらの G a N 系半導体レーザーから発せられたレーザービームを合波する合波光学系とから構成されたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

なお、この本発明による紫外レーザー光源において、複数の G a N 系半導体レーザーは、互いに波長の異なるレーザービームを発するものであることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

また複数の G a N 系半導体レーザーの各々に対しては、その出射光を該半導体レーザーに戻して発振波長をロックする手段が設けられることが望ましい。そのような波長ロック手段としては、光導波路の部分に反射回折型グレーティングを備えた導波路型波長選択素子を好適に用いることができる。

【 0 0 1 2 】

一方、上記合波光学系としては、複数の G a N 系半導体レーザーの各々に対応させて設けられ、対応する半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に透過させ、その他の半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に反射させてそれらのレーザービームを合波するバンドパスフィルターを用いて構成され

るものを好適に用いることができる。

【 0 0 1 3 】

合波光学系としてそのようなものが適用される場合は、合波されたレーザービームを一部反射させ、上記バンドパスフィルターを通して各半導体レーザーに戻してその発振波長をロックする手段が設けられることが望ましい。

【 0 0 1 4 】

【発明の効果】

本発明の紫外レーザー光源は、複数のGaN系半導体レーザーから発せられた紫外域のレーザービームを合波するようにしたので、一つ一つのGaN系半導体レーザーの出力が前述のように比較的低くても、高出力の紫外域のレーザービームを得ることができる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明による紫外レーザー光源において、特に、互いに波長の異なるレーザービームを発する複数のGaN系半導体レーザーを用いれば、波長多重されたレーザービームを得ることができる。そのような紫外レーザー光源は、光ファイバーを利用した光造形システムやジアゾ系PS版等の印刷システム用の光源として好適に用いられ得るものとなる。

【 0 0 1 6 】

上述のシステムにおいては、合波された各レーザービームの波長が変動すると、合波効率が変化することもある。そこで、複数のGaN系半導体レーザーの各々に対しては、その出射光を該半導体レーザーに戻して発振波長をロックする手段を設けておけば、各レーザービームの波長変動を防止して、高い出力安定性を確保できるようになる。

【 0 0 1 7 】

一方、上記合波光学系が、複数のGaN系半導体レーザーの各々に対応させて設けられ、対応する半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に透過させ、その他の半導体レーザーから出射したレーザービームは良好に反射させてそれらのレーザービームを合波するバンドパスフィルターを用いて構成される場合は、合波数が限定されることがないので、多数のGaN系半導体レーザーを用い

てより高出力の合波ビームを得ることができる。

【 0 0 1 8 】

合波光学系として上述のようなものを適用した本発明の紫外レーザー光源において、合波されたレーザービームを一部反射させ、上記バンドパスフィルターを通して各半導体レーザーに戻してその発振波長をロックする手段が設けられていれば、この場合もレーザービームの合波効率変動を防止可能となる。そこで、この構成の紫外レーザー光源を光造形や印刷システム用の光源として用いれば、上記と同様に高い出力安定性を確保できるようになる。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による紫外レーザー光源を示すものである。図示されるようにこの紫外レーザー光源は、一例として 8 個のシングルモード G a N 系半導体レーザー L D 1, L D 2, L D 3, L D 4, L D 5, L D 6, L D 7 および L D 8 と、合波光学系 20 とから構成されている。

【 0 0 2 0 】

G a N 系半導体レーザー L D 1, L D 2, L D 3, L D 4, L D 5, L D 6, L D 7, L D 8 は、それぞれ発振波長が 395 n m, 396 n m, 397 n m, 398 n m, 399 n m, 400 n m, 401 n m, 402 n m と 1 n m ずつ異なるものであり、出力は全て共通の 50 m W である。これらの波長は、G a N 系半導体レーザーが発振可能な 390 ~ 410 n m の範囲内で、高出力発振可能な波長が選択されている。なお波長間隔はこのように 1 n m とする他、2 n m 等に設定されてもよい。

【 0 0 2 1 】

そして、これらの G a N 系半導体レーザー L D 1, L D 2, L D 3, L D 4, L D 5, L D 6, L D 7, L D 8 に対して、それらから各々出射する発散光状態のレーザービーム B 1, B 2, B 3, B 4, B 5, B 6, B 7, B 8 を平行光化するコリメーターレンズ C 1, C 2, C 3, C 4, C 5, C 6, C 7, C 8 が設けられている。

【 0 0 2 2 】



合波光学系20は、平行平板プリズム21と、その一表面21aに貼着された狭帯域バンドパスフィルターF3、F5およびF7と、平行平板プリズム21の他表面21bに貼着された狭帯域バンドパスフィルターF2、F4、F6およびF8とから構成されている。これらの狭帯域バンドパスフィルターF2、F3、F4、F5、F6、F7およびF8は各々、波長396nm、397nm、398nm、399nm、400nm、401nm、402nmの光を透過率90%で透過させ、その他の波長の光は反射率98%で反射させるように形成されている。図2には、これらの狭帯域バンドパスフィルターF2～8の透過スペクトルを、後述する狭帯域バンドパスフィルターF1の透過スペクトルと併せて示してある。

## 【0023】

そのような狭帯域バンドパスフィルターは、例えばバンドパスフィルターF8を例にとると、波長402nmに対する片面透過率が95%で、波長395～401nmに対する反射率が90%である狭帯域バンドパスフィルターを張り合わせる等して形成することができる。なおこの種のバンドパスフィルターは、透過波長の面内分布や、ロット間の透過率バラツキがあるので、上記の張り合わせは、透過ピーク波長が同一であるバンドパスフィルターを選別して行なう必要がある。

## 【0024】

GaN系半導体レーザーLD1は、そこから出射する波長395nmのレーザービームB1が狭帯域バンドパスフィルターF2に対して5°の入射角で入射するように配設されている。

## 【0025】

GaN系半導体レーザーLD2は、そこから出射する波長396nmのレーザービームB2が狭帯域バンドパスフィルターF2に対して5°の入射角で入射し、該狭帯域バンドパスフィルターF2で反射した上記レーザービームB1と同じ光路を辿るように配設されている。

## 【0026】

GaN系半導体レーザーLD3は、そこから出射する波長397nmのレーザービームB3が狭帯域バンドパスフィルターF3に対して5°の入射角で入射し、該狭帯域バンドパスフィルターF3で反射した上記レーザービームB1、B2と

同じ光路を辿るように配設されている。

【 0 0 2 7 】

以下、G a N系半導体レーザーLD 4 ～ 8 も同様に配設されており、それにより、各G a N系半導体レーザーLD 1, LD 2, LD 3, LD 4, LD 5, LD 6, LD 7、LD 8 から出射した波長395 n m, 396 n m, 397 n m, 398 n m, 399 n m, 400 n m, 401 n m, 402 n mのレーザービームB 1, B 2, B 3, B 4, B 5, B 6, B 7, B 8 は、1 本に合波されて平行平板プリズム21から出射することになる。

【 0 0 2 8 】

以下、この実施形態における光利用効率について詳しく説明する。狭帯域バンドパスフィルターF 2 ～ 8 の特性は前述した通りであるから、波長402 n mのレーザービームB 8 については、狭帯域バンドパスフィルターF 8 の波長402 n m に対する透過率90%より、合波後の出力は $50\text{mW} \times 0.9$ となる。また波長401 n mのレーザービームB 7 については、狭帯域バンドパスフィルターF 7 の波長401 n m に対する透過率90%および、狭帯域バンドパスフィルターF 8 の波長401 n m に対する反射率98%より、合波後の出力は $50\text{mW} \times 0.9 \times 0.98$ となる。また波長400 n mのレーザービームB 6 については、狭帯域バンドパスフィルターF 6 の波長400 n m に対する透過率90%および、狭帯域バンドパスフィルターF 7 およびF 8 の波長400 n m に対する反射率98%より、合波後の出力は $50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^2$ となる。

【 0 0 2 9 】

以下同様であるから、合波後のレーザービームBの出力は、

$$\begin{aligned}
 &50\text{mW} \times 0.9 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times 0.98 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^2 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^3 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^4 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^5 \\
 &+ 50\text{mW} \times 0.9 \times (0.98)^6
 \end{aligned}$$

$$+50\text{mW} \times (0.98)^7$$

$$\approx 340\text{mW}$$

となる。 $50\text{mW} \times 8 = 400\text{mW}$ であるから、この場合の光利用効率は約85%となる。以上の通り本実施形態では、極めて高い光利用効率の下に、高出力の波長多重されたレーザービームBを得ることができる。

#### 【0030】

またこの紫外レーザー光源は、高価な光波長変換素子を用いて波長変換を行なうものではないから、そのような構成で紫外域のレーザービームを得る従来装置と比べれば、より低いコストで作製可能である。

#### 【0031】

次に、図3を参照して本発明の第2の実施形態について説明する。なおこの図3において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての説明は特に必要の無い限り省略する（以下、同様）。

#### 【0032】

この第2実施形態の紫外レーザー光源は、図1に示したものと比べると、合波後のレーザービームBを後述の波長ロック用バンドパスフィルター11へ集光する集光レンズ10と、集光されたこのレーザービームBの光路に配された波長ロック用バンドパスフィルター11と、狭帯域バンドパスフィルターF1とが設けられた点が異なるものである。狭帯域バンドパスフィルターF1は、波長395nmの光を透過率90%で透過させ、その他の波長の光は反射率98%で反射させるように形成されている。

#### 【0033】

また波長ロック用バンドパスフィルター11は、図4に示す分光透過率特性を有するもので、波長395～402nmの光に対する透過率は90%、反射率は10%である。このようなフィルター11が設けられていることにより、合波状態にあるレーザービームB1、B2、B3、B4、B5、B6、B7およびB8の各10%が平行平板プリズム21側に反射し、それぞれ狭帯域バンドパスフィルターF1、F2、F3、F4、F5、F6、F7およびF8を透過して、GaN系半導体レーザーLD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6、LD7、LD8に戻る

## 【 0 0 3 4 】

このようないわゆる光フィードバックがなされることにより、G a N系半導体レーザーLD 1, LD 2, LD 3, LD 4, LD 5, LD 6, LD 7、LD 8の発振波長は、それぞれ狭帯域バンドパスフィルターF 1, F 2, F 3, F 4, F 5, F 6, F 7およびF 8の透過ピーク波長、すなわち395nm, 396nm, 397nm, 398nm, 399nm, 400nm, 401nm, 402nmにロックされる。ここで集光レンズ10は、波長ロック用バンドパスフィルター11からのフィードバック光を効率良く安定に戻すために挿入されている。

## 【 0 0 3 5 】

こうしてG a N系半導体レーザーLD 1～8の発振波長をロックしておけば、この紫外レーザー光源が例えば前述した光造形や印刷システム用の光源として用いられる場合は、レーザービームB 1～8の波長変動による結合効率の変化を防止できるので、非常に好ましい。

## 【 0 0 3 6 】

本実施形態の光利用効率は、第1の実施形態における約85%と比べると、透過率90%のバンドパスフィルター11が挿入された分だけ低くなって、約76.5%となる。したがってこの場合は、G a N系半導体レーザーLD 1～8の出力が第1の実施形態と同様に各々50mWであれば、合波後のレーザービームBの出力は306mWとなる。また、G a N系半導体レーザーLD 1～8の出力が各々100mWであれば、合波後のレーザービームBの出力は612mWとなる。

## 【 0 0 3 7 】

次に、図5を参照して本発明の第3の実施形態について説明する。この第3実施形態の紫外レーザー光源は、図1に示したものと比べると、合波後のレーザービームBを集光する集光レンズ30と、集光されたこのレーザービームBと結合するように配置されたマルチモード光ファイバー31とが設けられた点が異なるものである。

## 【 0 0 3 8 】

レーザービームBは、集光レンズ30によって2  $\mu$  m程度のスポットに絞ること

ができる。それに対してマルチモード光ファイバー31の、クラッド31bによって被覆されたコア31aの直径は一例として直径 $50\mu\text{m}$ である。このようにレーザービームBの収束スポット径に対してコア31aの直径が十分に大きくなっていれば、Ga N系半導体レーザーLD 1～8の位置決め精度が比較的低くても、また、環境温度等が変化しても、レーザービームBを容易にコア31aに入射させることができる。したがって、環境変化が生じた場合の出力変化を抑えて、安定した出力を得ることが可能となる。

## 【 0 0 3 9 】

なお、単一モード特性を有する紫外レーザー光を得たい場合には、マルチモード光ファイバー31に代えてシングルモード光ファイバーを用いればよい。そうすることにより、低コスト、高寿命のコヒーレント紫外レーザー光源を得ることができる。

## 【 0 0 4 0 】

また、Ga N系半導体レーザーLD 1～8として、高出力のブロードエリアレーザーを適用することも可能である。例えば1W出力のブロードエリアレーザーを用いた場合、光利用効率が第1の実施形態と同様に約85%であるとする、6.8W ( $= 1\text{W} \times 8 \times 0.85$ ) もの高出力の紫外レーザー光を光ファイバー31から出射させることができる。

## 【 0 0 4 1 】

以上説明した第3の実施形態の紫外レーザー光源においても、図3に示したフィルター11等からなる波長ロックの構成を採用して、Ga N系半導体レーザーLD 1～8の発振波長をロックすることが可能である。

## 【 0 0 4 2 】

さらに、そのような波長ロックのためには、図6に示す構成を採用することもできる。この図6の構成は、例えば本出願人による特願2000-196166号に示されているもので、Ga N系半導体レーザー40に導波路型波長選択素子41を直接結合して、この導波路型波長選択素子41によってGa N系半導体レーザー40の発振波長をロックするものである。

## 【 0 0 4 3 】

G a N系半導体レーザー40は発振波長が例えば400 n mのものであり、その後端面には波長400 n mに対して反射率95%のH R（高反射）コート42が施され、またその前端面つまり導波路型波長選択素子41と直接結合される側の端面には、波長400 n mに対して反射率5%のL R（低反射）コート43が施されている。

## 【 0 0 4 4 】

一方導波路型波長選択素子41は、例えば石英からなる基板44にチャンネル型光導波路45が形成され、そしてこの光導波路45の部分に導波方向に沿って繰り返すグレーティング（回折格子）46が形成されてなるものである。そしてこの波長選択素子41の両端面にはそれぞれ、波長400 n mに対して反射率0.5%以下、好ましくは0.1%程度のA R（無反射）コート47、48が施されている。

## 【 0 0 4 5 】

上記グレーティング46の周期 $\Lambda g$ は、導波光の波長を $\lambda$ 、光導波路の実効屈折率を $n_{eff}$ として、 $\Lambda g = q \lambda / 2 n_{eff}$ となるように設定される。なお $q$ はグレーティング次数であり、 $q = 1$ 、 $\lambda = 400 \text{ n m}$ 、 $n_{eff} = 1.5$ とすると、 $\Lambda g = 0.133 \mu \text{ m}$ となる。

## 【 0 0 4 6 】

この構成においては、G a N系半導体レーザー40から前方つまり導波路型波長選択素子41側に出射したレーザービーム49の一部がグレーティング46で反射回折し、G a N系半導体レーザー40にフィードバックされる。このとき、反射回折する光の波長がグレーティング周期 $\Lambda g$ に対応して400 n mに選択されるので、G a N系半導体レーザー40の発振波長が400 n mにロックされる。

## 【 0 0 4 7 】

なおグレーティング46は、入射したレーザービーム49を約5%反射回折させるように設計されている。そして導波路型波長選択素子41の素子長は、導波損失を低く抑えるために、約1～3 m m程度と極力短く設定される。以上により、レーザービーム49が導波路型波長選択素子41によって大きく損失することを回避しつつ波長ロックを行なって、高出力のレーザービーム49を取り出せるようになる。

## 【 0 0 4 8 】

なおグレーティング次数 $q$ は上述の1次に限らず、3次のような高次周期を適

用しても構わない。その場合は、グレーティング46からの放射モードによる損失が若干増大するが、波長ロックを行なうだけであるからグレーティング46の結合係数は比較的小さくてよく、そのようにすれば、この放射モードによる損失も低く抑えることができる。

## 【 0 0 4 9 】

また、G a N系半導体レーザー40と導波路型波長選択素子41におけるレーザービーム49のモードフィールド径は、互いにほぼ同等となっていることが望ましい。そのようになっていれば、両者の間におけるモードマッチングが良好になされて、フィードバック光量を十分に確保可能となる。

## 【 0 0 5 0 】

次に、図7を参照して本発明の第4の実施形態について説明する。この第4実施形態の紫外レーザー光源は第1～3実施形態のものとは異なり、互いに同じ波長の複数のレーザービームを合波するようにしたものであり、一例として5個のG a N系半導体レーザーL D 11, L D 12, L D 13, L D 14およびL D 15と、合波光学系50とから構成されている。

## 【 0 0 5 1 】

G a N系半導体レーザーL D 11～15は、発振波長が例えば全て共通の400 n mであり、出力も全て共通の50 m Wである。そしてこれらのG a N系半導体レーザーL D 11～15に対してそれぞれ、発散光状態で出射したレーザービームB 11, B 12, B 13, B 14, B 15を集光する集光レンズH 11, H 12, H 13, H 14, H 15が設けられている。G a N系半導体レーザーL D 11～15は、それぞれ光軸がマルチモード光ファイバー51のコア51 a の一端面上の一点を向くように配設され、集光レンズH 11, H 12, H 13, H 14, H 15は、それぞれこの一点上でレーザービームB 11, B 12, B 13, B 14, B 15を収束させるように配設されている。

## 【 0 0 5 2 】

マルチモード光ファイバー51は、一例として直径50  $\mu$  mのコア51 a がそれよりも低屈折率のクラッド51 b に被覆されてなり、集光レンズH 11～15とともに合波光学系50を構成している。すなわち、集光レンズH 11～15によって上述のように集光されたレーザービームB 11～15がこのマルチモード光ファイバー51のコア51

aに入射してそこを伝搬し、1本のレーザービームB10に合波されてマルチモード光ファイバー51から出射する。

## 【0053】

この構成において、レーザービームB11～15の最大入射角 $\theta$ は、マルチモード光ファイバー51のNA（開口数）に対応する最大受光角 $\theta_{MAX}$ 以内の値とする。例えばNA=0.2の場合、 $\sin \theta_{MAX}=0.2$ より $\theta_{MAX}=11^\circ$ であるので、最大入射角 $\theta$ が $11^\circ$ 以内となるようにする。例えば出力50mWの5個のGa N系半導体レーザーLD11～15を用い、図示のように5本のレーザービームB11～15が互いに密接する状態では、各レーザービームB11～15の収束角 $\alpha=4.4^\circ$ とすると、最大入射角 $\theta$ は約 $11^\circ$ で $11^\circ$ 以内に収まり、250mWの合波レーザービームB10を得ることができる。

## 【0054】

なお上述のようにする場合、レーザービームB11～15の個々の収束スポット径は約 $9\mu\text{m}$ と、コア51aの直径 $50\mu\text{m}$ よりも十分小さくなる。このとき、Ga N系半導体レーザーLD11～15の取付位置が $1\mu\text{m}$ 変化しても、収束スポットの位置変動は約 $9\mu\text{m}$ 程度に抑えられる。そうであれば、Ga N系半導体レーザーLD11～15の位置決め精度が比較的低くても、また、環境温度等が変化しても、レーザービームB11～15を容易にコア51aに入射させることができる。したがって、環境変化が生じた場合の出力変化も抑えて、安定した出力を得ることが可能となる。

## 【0055】

以上述べた合波方式を適用する場合は、本実施形態のように複数のGa N系半導体レーザーを1次元的に配列させる他、より多数のGa N系半導体レーザーを適用できるように、それらを2次元的に配列させてもよい。

## 【0056】

次に、図8を参照して本発明の第5の実施形態について説明する。この第5実施形態の紫外レーザー光源も第4実施形態のものと同様に、互いに同じ波長の複数のレーザービームを合波するようにしたものであり、銅からなるヒートブロック60上に配列固定された8個のチップ状態のGa N系半導体レーザーLD21, L



D22, LD23, LD24, LD25, LD26, LD27およびLD28と、合波光学系70とから構成されている。

#### 【0057】

GaN系半導体レーザーLD21～28は、発振波長が例えば全て共通の400nmであり、出力も全て共通の50mWである。そしてこれらのGaN系半導体レーザーLD21, LD22, LD23, LD24, LD25, LD26, LD27およびLD28から発散光状態で出射したレーザービームB21, B22, B23, B24, B25, B26, B27およびB28は、マイクロレンズアレイ61によって平行光化される。

#### 【0058】

このマイクロレンズアレイ61によって平行光とされたレーザービームB21～28は、1つの集光レンズ62によって集光され、マルチモード光ファイバー51のコア51aの一端面上で収束する。マルチモード光ファイバー51は、マイクロレンズアレイ61および集光レンズ62とともに合波光学系70を構成している。すなわち、集光レンズ62によって上述のように集光されたレーザービームB21～28がこのマルチモード光ファイバー51のコア51aに入射してそこを伝搬し、1本のレーザービームB20に合波されてマルチモード光ファイバー51から出射する。

#### 【0059】

この構成においては、マイクロレンズアレイ61の各レンズのNA（開口数）を0.5とし、集光レンズ62による各ビームの集束角 $\alpha = 2.75^\circ$ とすると、レーザービームB21～28のコア51a上での収束スポット径は約 $1.4\mu\text{m}$ となる。そして、GaN系半導体レーザーLD21～28の出力が全て50mWのとき、合波されたレーザービームB20の出力は400mWとなる。

#### 【0060】

また本実施形態では、8個のチップ状態のGaN系半導体レーザーLD21～28をヒートブロック60の上にボンディングしているので、これらのGaN系半導体レーザーLD21～28の位置ずれを考慮する必要がない。

#### 【0061】

なお、先に説明した第1～3実施形態の合波方式では、レーザービームを同一光軸上に合波できるので、合波ビームをマルチモード光ファイバーのみならずシ

シングルモード光ファイバーにも結合させることができる。それに対して第4および5実施形態の合波方式では、合波ビームが結合できるのはマルチモード光ファイバーのみである。

【0062】

また第1～3実施形態の合波方式と、第4および5実施形態の合波方式とを比べると、前者の方が合波ビームの収束スポット径をより小さくすることができる。そこで、合波ビームを光ファイバーと結合させる場合、両者の位置ずれに対する許容性は前者の合波方式の方がより高くなり、環境変化に対して安定した出力を得ることができる。

【0063】

また第1～3実施形態の合波方式は、合波ビームを光ファイバーと結合させる場合、第4および5実施形態の合波方式のように合波数が光ファイバーのNAによって限定されることがない。したがって、第1～3実施形態の合波方式の方が合波数をより多くすることができ、より高出力の合波ビームを得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態による紫外レーザー光源を示す平面図

【図2】

上記紫外レーザー光源を構成する狭帯域バンドパスフィルターの透過率特性を示すグラフ

【図3】

本発明の第2実施形態による紫外レーザー光源を示す平面図

【図4】

図3の紫外レーザー光源を構成する波長ロック用バンドパスフィルターの透過率特性を示すグラフ

【図5】

本発明の第3実施形態による紫外レーザー光源を示す平面図

【図6】

本発明の紫外レーザー光源に用いられる、波長ロック機能付き G a N 系半導体レーザーを示す概略平面図

【図 7】

本発明の第 4 実施形態による紫外レーザー光源を示す平面図

【図 8】

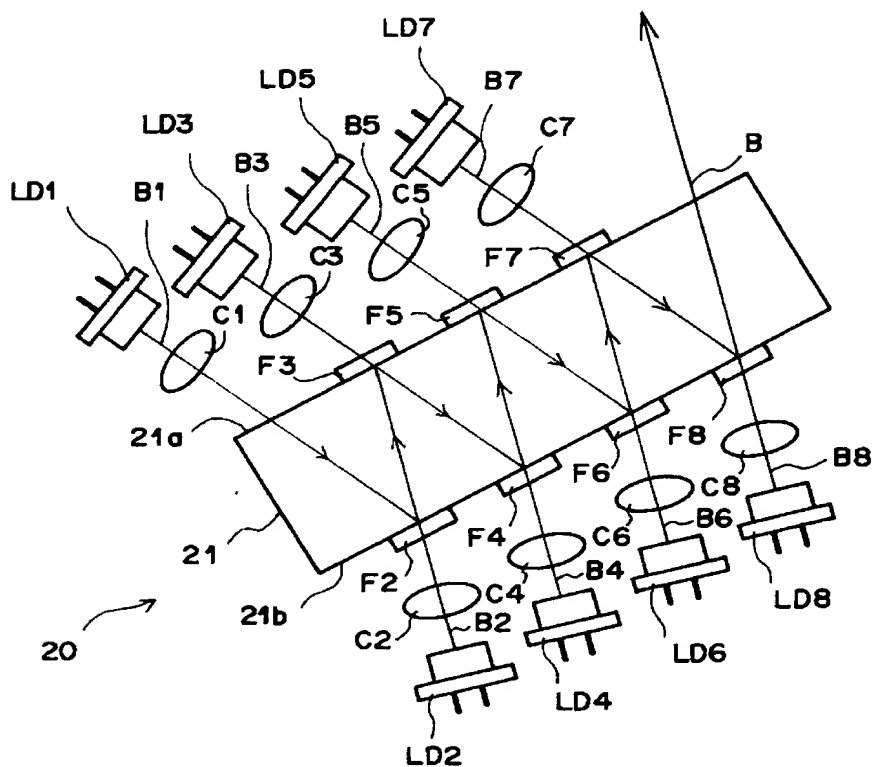
本発明の第 5 実施形態による紫外レーザー光源を示す平面図

【符号の説明】

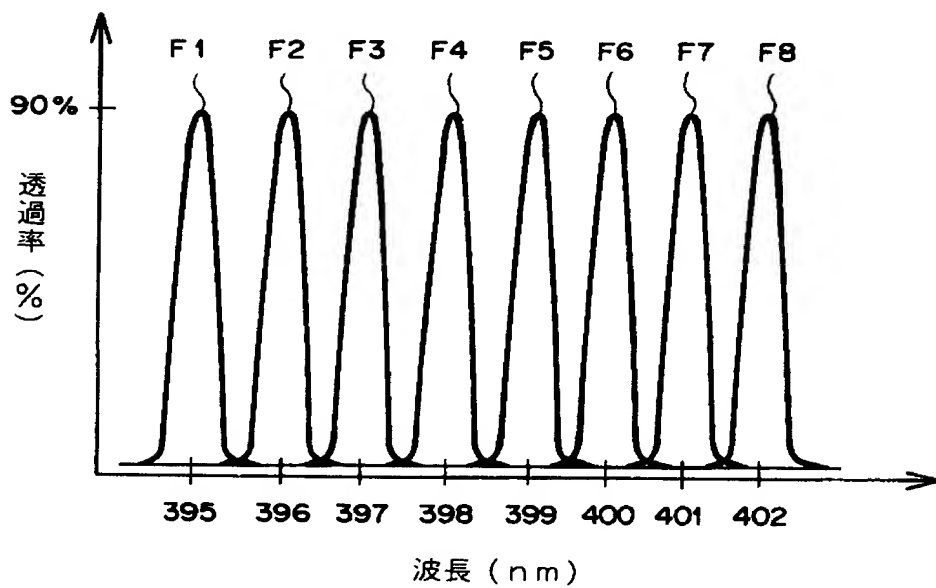
- 10 集光レンズ
- 11 波長ロック用バンドパスフィルター
- 20 合波光学系
- 21 平行平板プリズム
- 30 集光レンズ
- 31 マルチモード光ファイバー
- 40 G a N 系半導体レーザー
- 41 導波路型波長選択素子
- 49 レーザービーム
- 50 合波光学系
- 51 マルチモード光ファイバー
- 60 ヒートブロック
- 61 マイクロレンズアレイ
- 62 集光レンズ
- 70 合波光学系
- B 1 ～ 8、B 11 ～ 15、B 21 ～ 28 レーザービーム
- B、B 10、B 20 合波されたレーザービーム
- C 1 ～ 8 コリメーターレンズ
- F 1 ～ 8 狭帯域バンドパスフィルター
- H 11 ～ 15 集光レンズ
- L D 1 ～ 8、L D 11 ～ 15、L D 21 ～ 28 G a N 系半導体レーザー

【書類名】 図面

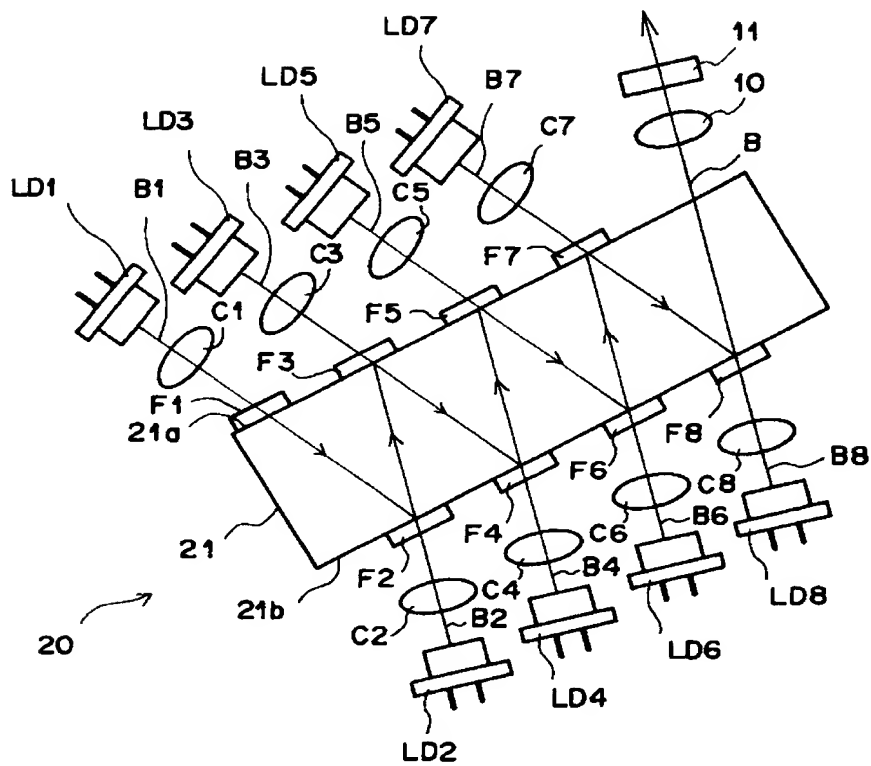
【図 1】



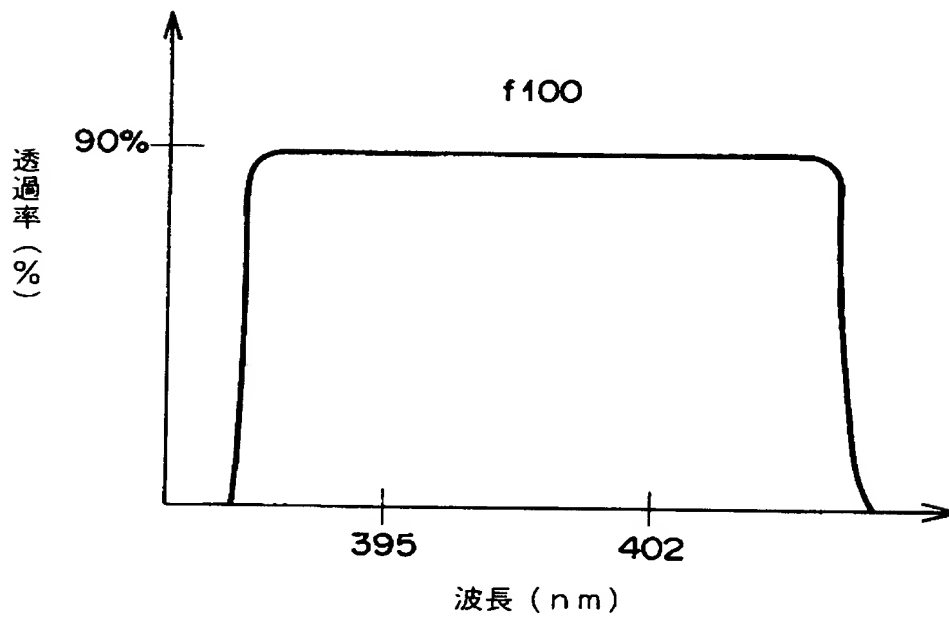
【図 2】



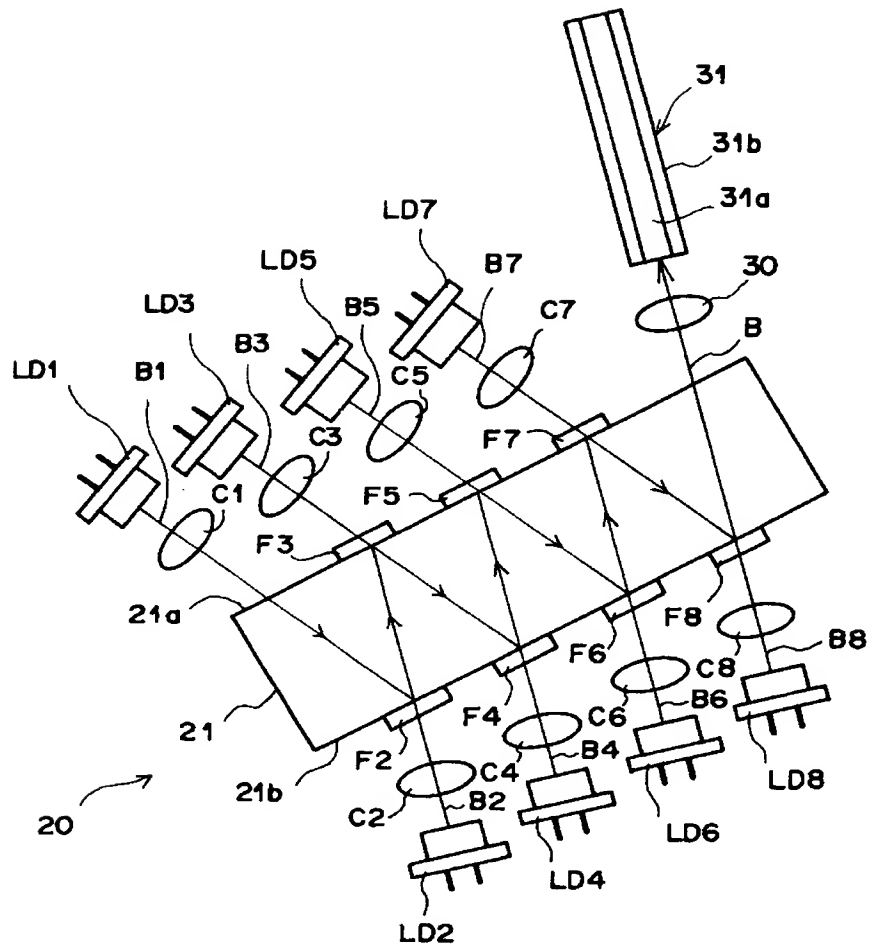
【図 3】



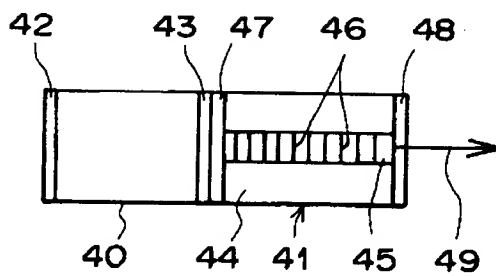
【図 4】



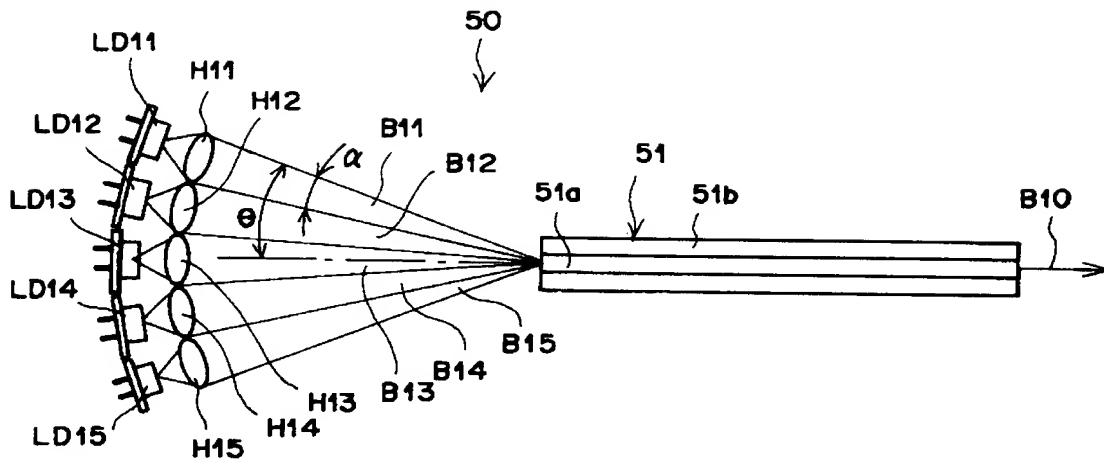
【図 5】



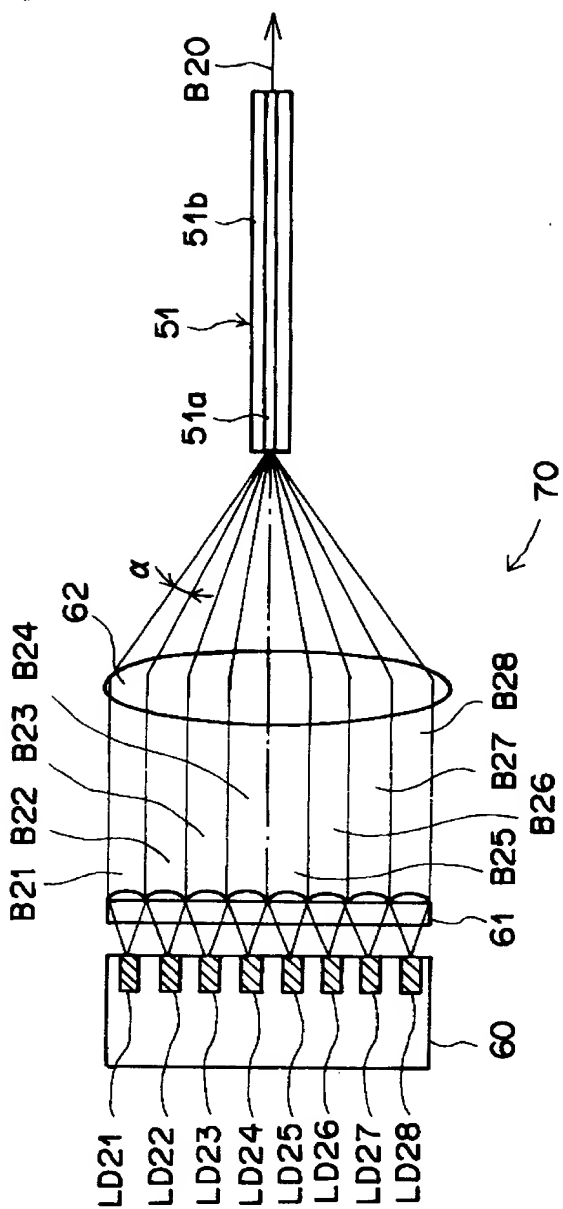
【図 6】



【図 7】



【図 8】





【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    効率が良くて、高出力が得られる低コストの紫外レーザー光源を得る。

【解決手段】    複数のGaN系半導体レーザーLD1～8から発せられたレーザービームB1～8を、合波光学系20によって合波する。

【選択図】                      図1

認 定 ・ 付 加 情 報

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 0 - 3 3 6 8 5 0 |
| 受付番号    | 5 0 0 0 1 4 2 6 9 2 4    |
| 書類名     | 特許願                      |
| 担当官     | 第二担当上席 0 0 9 1           |
| 作成日     | 平成 1 2 年 1 1 月 7 日       |

< 認定情報・付加情報 >

|           |  |
|-----------|--|
| 【提出日】     | 平成12年11月 6日  |
| 【特許出願人】   |  |
| 【識別番号】    | 000005201  |
| 【住所又は居所】  | 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地  |
| 【氏名又は名称】  | 富士写真フイルム株式会社   |
| 【代理人】     | 申請人  |
| 【識別番号】    | 100073184  |
| 【住所又は居所】  | 神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B<br>E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】  | 柳田 征史  |
| 【選任した代理人】 |  |
| 【識別番号】    | 100090468  |
| 【住所又は居所】  | 神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B<br>E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】  | 佐久間 剛  |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 0 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 ・ 8 月 1 4 日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地

氏 名 富士写真フイルム株式会社